

ÖZET

YÜKSEK BASINÇTA HİDROJEN DEPOLAMA İŞLEMİNİN TERMODİNAMİK MODELLENMESİ VE ENERJİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ

ÖZSABAN, Mert Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Adnan MİDİLLİ

Bu çalışma, saatte 3 kg hidrojeni üreten ve depolayan hidrolik enerji destekli hidrojen gaz istasyonunda bulunan ve kompresör içeren yüksek basınçta hidrojen depolama alt ünitesinin termodinamik modellenmesi ve enerji sürdürülebilirlik analizini sunar. Bu kapsamda, hidrojenin gerçek gaz kabulüyle tek ve 4 aşamalı hidrojen gaz sıkıştırma ve depolama üniteleri dikkate alınarak parametrik araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için ele alınan alt ünite, yüksek basınç kompresörü, gaz-sıvı plakalı ısı eşanjörü, elektrik motoru ve yüksek basınç hidrojen gaz deposundan oluşur. Çalışmanın temel amacını gerçekleştirmek için aşağıdaki önemli parametreler dikkat alınmıştır. i) Hidrojen gazının kütesel debisi (3 kg/saat), ii) Hidrojenin sisteme giriş basıncı (1-200 bar), iii) Depolama basıncı (200-900 bar) iv) Çevre sıcaklığı (25 oC), v) Elektrik motoru verimi (0.9), vi) Mekanik verim (0.95), vii) Kompresörün politropik verimi (0.90). Tüm bu parametreler dikkate alınarak alt birimin ve bu alt birimdeki her bir bileşenin enerji ve ekserji analizleri, termodinamiğin I. ve II. kanunu kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte ekserji analizini dikkate alarak bu alt sistemin sürdürülebilirlik analizi yapılmıştır. Bu çerçevede aşağıda sıralanan önemli parametreler ve indikatörler hesaplanmıştır; enerji ve ekserji verimleri, toplam tersinmezlikler ve kayıplar, depolanan ekserji miktarı, atık ekserji oranı, ekserji yıkım faktörü, çevresel yıkım katsayısı, çevresel yıkım indeksi, çevresel uyum indeksi, ekserjetik kararlılık faktörü ve ekserjetik sürdürülebilirlik indeksi. Sonuç olarak, hidrojen giriş basıncının artması depolama için gerekli enerji miktarını azaltırken sistemin ekserjetik sürdürülebilirlik indeksini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, depolama basıncının artması depolanan hidrojen ekserjisini artırırken ekserjetik sürdürülebilirlik indeksini azalttığı görülmüştür. O halde, ekserjetik sürdürülebilirlik, ekserji verimi ve enerji tüketimi bakımından tek aşamalı ve 4 aşamalı hidrojen sıkıştırma ve depolama üniteleri birbiriyle karşılaştırıldığında, hidrolik enerji destekli hidrojen gaz yakıt istasyonu için 4 aşamalı hidrojen gaz sıkıştırma ve depolama ünitesinin kullanılması önerilir.

ABSTRACT

THERMODYNAMIC MODELING AND ENERGY SUSTAINABILITY ANALYSIS OF HIGH PRESSURIZED HYDROGEN GAS STORAGE PROCESS

ÖZSABAN, Mert Niğde University Graduate School of Natural and Applied Science Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Adnan MİDİLLİ

This study presents thermodynamic modeling and energy sustainability analysis of the high pressurized hydrogen gas storage subsystem including a compressor in the hydropower-based-hydrogen gas fueling station producing and storing 3 kg hydrogen per hour. In this regard, assuming that hydrogen behaves as real gas at high pressures and taking into consideration a single-stage and four-stage hydrogen compression processes, a parametric investigation has been performed. The subsystem considered in this study includes high-pressure compressors, gas-fluid heat exchangers, an electrical motor and high-pressurized hydrogen storage tanks. In order to perform the main objective of this study, the following important parameters are taken into consideration. i) Mass flow rate of hydrogen (3 kg per hour), ii) Entering pressure of hydrogen (ranging from 1 to 200 bars), iii) Hydrogen storage pressure (ranging from 200 to 900 bars), iv) Dead state temperature (assumed to be 25 oC), v) Efficiency of electrical motor (assumed to be 0.9), vi) Mechanical efficiency (assumed to be 0.95), vii) Polytropic efficiency (assumed to be 0.90). Considering all these parameters, energy and exergy analyses of the each component in the subunit have been performed in terms of the First and Second Laws of Thermodynamics while, taking into consideration the exergy analysis, the sustainability analysis of the subsystem has been accomplished. In this regard, the following important parameters and indicators have been estimated, which are energy and exergy efficiencies, total irreversibilities and losses, the amount of hydrogen exergy stored, waste exergy ratio, exergy destruction factor, environmental destruction coefficient, environmental destruction index, environmental benign index, exergetic stability factor, and exergetic sustainability index of the subsystem. Consequently, it is determined that increasing the inlet pressure of hydrogen gas decreases the energy

consumption for compression and storage process while increasing exergetic sustainability index. Moreover, it is noticed that the increase of storage pressure goes up the exergy by hydrogen in the hydrogen storage tank. In addition, comparing the single-stage and four-stage hydrogen compression and storage processes with each other in terms of less energy consumption, higher exergetic efficiency and better exergetic sustainability, it is suggested that the four-stage hydrogen compression and storage process be used for hydropower based-hydrogen gas fueling stations.